



**Всемирная организация  
здравоохранения**

**Европейское** региональное бюро

# Обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье – проект REVIHAAP

Краткое изложение научного  
отчета



Это издание является частью проекта REVIHAAP,  
финансированного Европейским союзом.

## РЕЗЮМЕ

Данный документ содержит ответы на 24 вопроса, важных для пересмотра европейской политики по загрязнению воздуха и для рассмотрения аспектов этой политики, связанных со здоровьем. Ответы были подготовлены большой группой ученых в рамках проекта ВОЗ «Обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье» (REVIHAAP, Review of evidence on health aspects of air pollution). Эксперты рассмотрели и обсудили новые накопленные научные данные о неблагоприятных последствиях загрязнения воздуха для здоровья и сформулировали основанные на научных данных ответы на 24 вопроса. В результате рассмотрения был сделан вывод о том, что за последние годы опубликован значительный объем новой научной информации о неблагоприятных последствиях для здоровья уровней концентраций взвешенных частиц, озона и диоксида азота, присутствующих в воздухе Европы. Эти новые данные подкрепляют научные выводы «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха», обновленных последний раз в 2005 году, и указывают на то, что в некоторых случаях последствия загрязнения воздуха наблюдаются при концентрациях загрязнителей ниже, чем те, которые были использованы для разработки данных «Рекомендаций». Новые данные предоставляют научные аргументы для принятия решительных мер для улучшения качества воздуха и уменьшения бремени болезней, связанных с загрязнением воздуха в Европе.

Это издание является частью проекта REVIHAAP, и оно было также финансировано Европейским союзом.

## Ключевые слова

AIR POLLUTANTS  
AIR POLLUTION – ADVERSE EFFECTS  
ENVIRONMENT AND PUBLIC HEALTH  
EVIDENCE BASED PRACTICE  
GUIDELINES  
HEALTH POLICY

Запросы относительно публикаций Европейского регионального бюро ВОЗ следует направлять по адресу:

Publications  
WHO Regional Office for Europe  
Scherfigsvej 8  
DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark

Кроме того, запросы на документацию, информацию по вопросам здравоохранения или разрешение на цитирование или перевод документов ВОЗ можно заполнить в онлайн-режиме на сайте Регионального бюро:

<http://www.euro.who.int/PubRequest?language=Russian>.

© Всемирная организация здравоохранения, 2013 г.

Все права защищены. Европейское региональное бюро Всемирной организации здравоохранения охотно удовлетворяет запросы о разрешении на перепечатку или перевод своих публикаций частично или полностью.

Обозначения, используемые в настоящей публикации, и приводимые в ней материалы не отражают какого бы то ни было мнения Всемирной организации здравоохранения относительно правового статуса той или иной страны, территории, города или района или их органов власти или относительно

делимитации их границ. Пунктирные линии на географических картах обозначают приблизительные границы, относительно которых полное согласие пока не достигнуто.

Упоминание тех или иных компаний или продуктов отдельных изготовителей не означает, что Всемирная организация здравоохранения поддерживает или рекомендует их, отдавая им предпочтение по сравнению с другими компаниями или продуктами аналогичного характера, не упомянутыми в тексте. За исключением случаев, когда имеют место ошибки и пропуски, названия патентованных продуктов выделяются начальными прописными буквами.

Всемирная организация здравоохранения приняла все разумные меры предосторожности для проверки информации, содержащейся в настоящей публикации. Тем не менее, опубликованные материалы распространяются без какой-либо явно выраженной или подразумеваемой гарантии их правильности. Ответственность за интерпретацию и использование материалов ложится на пользователей. Всемирная организация здравоохранения ни при каких обстоятельствах не несет ответственности за ущерб, связанный с использованием этих материалов. Мнения, выраженные в данной публикации авторами, редакторами или группами экспертов, необязательно отражают решения или официальную политику Всемирной организации здравоохранения.

Мнения, выраженные в настоящем документе, никоим образом не могут быть приняты как выражающие официальное мнение Европейского союза.

## СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ .....	4
Благодарности .....	5
Список сокращений .....	5
Введение .....	6
A. Воздействие PM на здоровье .....	12
Вопрос A1 .....	12
Вопрос A2 .....	13
Вопрос A3 .....	16
Вопрос A4 .....	17
Вопрос A5 .....	18
Вопрос A6 .....	19
B. Воздействие озона на здоровье .....	21
Вопрос B1 .....	21
Вопрос B2 .....	22
Вопрос B3 .....	23
Вопрос B4 .....	24
C. Близость к дорогам, NO <sub>2</sub> , другие загрязнители воздуха и их смеси .....	25
Вопрос C1 .....	25
Вопрос C2 .....	26
Вопрос C3 .....	27
Вопрос C4 .....	28
Вопрос C5 .....	29
Вопрос C6 .....	30
Вопрос C7 .....	30
Вопрос C8 .....	31
Вопросы A7 и C9 .....	33
Вопрос C10 .....	34
D. Общие вопросы .....	35
Вопрос D1 .....	35
Вопрос D2 .....	40
Вопрос D4 .....	41
Список приглашенных экспертов, участвующих в проекте REVIHAAP .....	42

## Благодарности

Эта публикация была подготовлена Европейским региональным бюро ВОЗ как часть проекта REVIHAAP «Обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье». Этот проект также получил финансирование от Европейского союза в рамках Соглашения о сотрудничестве № 07–0307/2011/604850/SUB/C3.

## Список сокращений

### Организации, другие юридические лица и исследования

ВОЗ	Всемирная организация здравоохранения
ЕК	Европейская комиссия
ЕС	Европейский союз
КТЗВБР	Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния
HRAPIE	Проект «Риски для здоровья от загрязнения воздуха в Европе» ( <b>H</b> ealth <b>r</b> isks of <b>a</b> ir <b>p</b> ollution <b>i</b> n <b>E</b> urope)
REVIHAAP	Проект «Обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье» ( <b>R</b> eview of <b>e</b> vidence on <b>h</b> ealth <b>a</b> spects of <b>a</b> ir <b>p</b> ollution)

### Специальные термины

млн <sup>-1</sup>	частей на миллион (ppm)
млрд <sup>-1</sup>	частей на миллиард (ppb)
NO <sub>2</sub>	диоксид азота
PM	<b>p</b> articulate <b>m</b> atter (взвешенные частицы, также называемые в некоторых публикациях «твердые частицы,» «ТЧ»)
PM <sub>2,5</sub>	взвешенные частицы с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм (также называемые в некоторых публикациях «ТЧ <sub>2,5</sub> »)
PM <sub>10</sub>	взвешенные частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм (также называемые в некоторых публикациях «ТЧ <sub>10</sub> »)
SO <sub>2</sub>	диоксид серы
SOMO10	для озона – сумма средних значений свыше 10 млрд <sup>-1</sup> (дневные максимальные концентрации за 8 часов) ( <b>sum of means over 10</b> )
SOMO35	для озона – сумма средних значений свыше 35 млрд <sup>-1</sup> (дневные максимальные концентрации за 8 часов) ( <b>sum of means over 35</b> )

## **Введение**

Загрязнение воздуха – важный фактор, влияющий на здоровье. Широкий диапазон отрицательного влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье надежно задокументирован в исследованиях, проведенных в разных частях мира. Имеется значительное неравенство в экспозиции к загрязненному воздуху и связанных с этим рисках для здоровья: загрязнение воздуха сочетается с другими аспектами социальной и физической среды и приводит к непропорционально большому бремени болезней в менее богатых слоях общества. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) периодически рассматривает накопленные научные данные и обновляет свои рекомендации в отношении качества воздуха. Последнее обновление было завершено в 2005 году. Рекомендации касаются всех регионов мира и содержат единые контрольные цифры, отражающие такое качество воздуха, которое защитит здоровье большинства людей от неблагоприятных последствий загрязнения воздуха.

Особенно хорошо подтверждены негативные последствия для здоровья от воздействия взвешенных частиц (PM). В настоящее время нет никаких доказательств того, что есть безопасный уровень воздействия или пороговое значение, ниже которого негативных последствий для здоровья не возникает. Более 80% населения Европейского региона ВОЗ, в том числе Европейского союза (ЕС), живет в городах, где уровни PM превышают уровни, указанные в «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха». За последние десять лет в странах ЕС наблюдается тенденция только к небольшому снижению средних концентраций. Загрязнение PM приводит к значительному бремени болезней, сокращая продолжительность жизни в среднем по Европе почти на 9 месяцев. Учитывая то, что даже при относительно низких концентрациях влияние загрязнения воздуха на здоровье является значительным, чтобы добиться уровней, указанных в «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» и свести к минимуму опасность для здоровья, необходимо эффективное управление качеством воздуха.

Контакт с загрязненным воздухом, по большей части, неподконтролен отдельным лицам, здесь требуются действия органов власти на национальном, региональном и международном уровнях. Чтобы разрабатывать и эффективно внедрять долгосрочные программы по снижению рисков для здоровья от загрязненного воздуха, требуется одновременный подход по многим направлениям, вовлекающий различные секторы деятельности, такие как транспорт, жилищное хозяйство, энергетика и промышленность.

В директиве ЕС от 2008 г. о качестве атмосферного воздуха и о чистом воздухе для Европы прямо говорится, что «следует избегать выбросов вредных загрязнителей воздуха, а также предотвращать или снижать их путем установления соответствующих целей по качеству атмосферного воздуха с учетом существующих стандартов, рекомендаций и программ Всемирной организации здравоохранения».

В этом контексте и в рамках программы ЕС 2013 года «Год воздуха» Европейское региональное бюро ВОЗ осуществляет два проекта: (а) обзор данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье для пересмотра европейских нормативов – проект REVIHAAP и (б) оценка рисков для здоровья от загрязнения воздуха в Европе – проект HRAPIE при финансовой поддержке Европейской комиссии (ЕК). Эти проекты предоставят основанные на научных данных рекомендации по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье. Данные рекомендации будут служить действенным подспорьем при всестороннем пересмотре политики ЕС по качеству воздуха, запланированном на 2013 год. Пересмотр нацелен на загрязняющие вещества, которые регулируются директивами ЕС 2008/50/ЕС и 2004/107/ЕС.

## **1. Рамки данного проекта**

Рекомендации проектов REVIHAAP и HRAPIE сформулированы как ответы на 26 ключевых вопросов, которые были заданы Европейской комиссией в отношении политики. Данные рекомендации основаны на рассмотрении самых последних научных данных относительно следующих веществ: РМ, приземных уровней озона, диоксида азота (NO<sub>2</sub>), диоксида серы (SO<sub>2</sub>), выбросов в воздух отдельных металлов (мышьяка, кадмия, никеля, свинца и ртути) и полициклических ароматических углеводородов, всех тех веществ, которые регулируются директивами ЕС 2008/50/ЕС и 2004/107/ЕС. Вопросы охватывают общие аспекты, важные для поддержания качества воздуха, а также конкретные аспекты воздействия на здоровье отдельных загрязнителей воздуха. Рассмотрение данных вопросов было выполнено приглашенными экспертами из ведущих институтов мира. Данный научный отчет по проекту REVIHAAP включает ответы на 24 вопроса.

Дальнейшая работа документирует возникающие вопросы о рисках для здоровья от загрязнения воздуха из конкретных категорий источников (например, транспорт, сжигание биомассы, металлургия, нефтеперерабатывающие заводы и производство энергии), конкретных газообразных загрязняющих веществ или конкретных компонентов РМ (например определенного размера, такие, как наночастицы или ультрадисперсные частицы, или редкоземельные металлы, черный углерод (элементный углерод и/или органический углерод)) (Вопрос D3). Кроме того, функции, связывающие концентрацию и эффект (функции «концентрация-эффект»), которые должны быть включены в анализ затрат и выгод, будут определены и рассмотрены при ответе на вопрос D5. Эта работа в рамках проекта HRAPIE, будет завершена к сентябрю 2013 года, хотя предварительные выводы будут представлены в ЕК ранее, чтобы обеспечить их надлежащее использование при пересмотре политики ЕС по качеству воздуха.

## **2. Процесс**

Для руководства и контроля за проектами был организован научно-консультативный комитет из восьми ученых, имеющих опыт предыдущих аналитических пересмотров под эгидой ВОЗ и представляющих основные, связанные с темой проекты (в области эпидемиологии, токсикологии и науки об атмосфере).

Консультации и координация плана работы проводились во время двух встреч с научно-консультативным комитетом в декабре 2011 года и в июне 2012 года.

Критическое рассмотрение было выполнено группой из 29 приглашенных экспертов, представляющих различные соответствующие научные дисциплины, из ведущих институтов мира. Эти эксперты, работая в составе небольших групп, рассмотрели накопленную научную литературу, подготовили краткие ответы на вопросы и изложили более подробные обоснования ответов, вытекающие из результатов исследований. Ответы на вопросы в разделе D были подготовлены на основе выводов в ответах на вопросы А-С. Расширенные обоснования для ответов, включая список основных ссылок, даются в полном научном отчете по проекту (имеется только на английском языке).

Тридцать два приглашенных внешних рецензента, а также члены научно-консультативного комитета представили подробные замечания по полноте проанализированной литературы, обоснованности выводов и ясности ответов. На основании этих замечаний авторы переработали текст, который был снова отрецензирован. Полный список членов научно-консультативного комитета, авторов-экспертов и внешних рецензентов приводится в конце этого документа. Для обеспечения беспристрастности пересмотра вовлеченные лица предоставили формы-заявления ВОЗ об интересах.

Помимо обсуждений, проведенных с помощью электронных средств, непосредственное обсуждение ответов и фактов в их поддержку было проведено во время двух совещаний экспертов, которые состоялись в Европейском центре ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья в Бонне, Германия, 21–23 августа 2012 г. и 15–17 января 2013 г.. В ходе второго совещания был принят окончательный текст ответов в рамках проекта REVIHAAP. Эксперты обсуждали исключительно научные аргументы, рассматривая качество методологии влиятельных исследований, а также полноту и согласованность данных, полученных в исследованиях, которые были проведены в различных частях мира, в различных популяциях и разнообразными научными методами. Выводы отражают коллективное экспертное заключение специалистов в этой области, и окончательный текст ответов был принят консенсусом присутствующих на совещании экспертов.

Несмотря на то, что в некоторых вопросах запрашивается оценка отдельных компонентов или инструментов политики, обсуждение и ответы в рамках REVIHAAP касаются только научных доказательств, лежащих в основе политики, а не политических аргументов.

### **3. Источники информации и методология**

Выполнить критический анализ влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье – это сложная задача, поскольку требуется оценить большое количество литературы. За последние несколько лет по этой теме были опубликованы тысячи новых научных статей, охватывающих различные аспекты и научные дисциплины, такие как популяционная экспозиция, наблюдательная эпидемиология,

контролируемое воздействие на человека, токсикология животных и исследования механизмов в моделях *in vitro*.

С учетом этого, анализ литературы для составления ответов был сосредоточен на исследованиях, опубликованных после глобального обновления «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 г.. Однако, если это было целесообразно и необходимо, в обзор включали и более ранние публикации. Кроме того, группа использовала недавние крупные обзоры, особенно те, которые были подготовлены соответствующими международными или национальными организациями. При поиске литературы и отборе данных использовались только те публикации, в которых методология была описана ясно.

Более систематический подход был использован для анализа и оценки отдельных недавних публикаций. В силу необходимости, авторы сосредоточили свое внимание на наиболее важных и соответствующих теме исследованиях и мета-анализах, если таковые имелись.

Представленные в данном обзоре данные почерпнуты из всех доступных типов информации, включая выводы эпидемиологических и токсикологических исследований. Основные источники данных цитируются и объясняется убедительность доказательств. Во всем документе уделяли особое внимание аккуратным формулировкам, для того чтобы правильно отразить убедительность доказательств и обозначить возможную причинную роль в отношении ассоциаций, найденных между загрязнителями воздуха и последствиями для здоровья. Формулировки указывают на то, какая сила доказательств имеется по каждому вопросу.

#### **4. Пересмотр рекомендаций**

В некоторых вопросах прямо спрашивается, требуется ли пересмотр научных выводов глобальных обновленных «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» от 2005 г. в связи с новыми появляющимися данными о неблагоприятных последствиях для здоровья.

Группа экспертов тщательно проработала научную литературу, опубликованную после глобального обновления «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года, и изучила вопрос о необходимости пересмотра действующих рекомендаций в связи с новыми фактами. Положительный ответ указывает на пополнение знаний. В то время как существуют формальные механизмы для оценки прибавления знаний, группа опиралась на свое коллективное экспертное мнение, чтобы определить, имеется ли достаточно новых фактов. При оценке весомости новых доказательств были приняты во внимание следующие аспекты: выявление новых неблагоприятных для здоровья последствий; воспроизводимость и согласованность данных о взаимосвязи при уровнях экспозиции ниже выявленных ранее; более глубокое понимание механизмов наблюдаемых ассоциаций, которые, возможно, приведут к снижению неопределенности.

Важно отметить, что пересмотр одной рекомендации не обязательно означает, что изменение имеющихся «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» является обоснованным. Это скорее означает, что все научные доказательства должны систематически анализироваться, если речь идет о цифрах, защищающих здоровье. Важно подчеркнуть, что новые рекомендации не обсуждались в рамках проекта REVIHAAP. Такое решение будет принято в ВОЗ, если выводы проекта окажутся достаточным основанием, чтобы начать отдельный процесс по обновлению рекомендаций в соответствии с правилами ВОЗ.

## **5. От рекомендаций к предельным значениям**

В некоторых вопросах напрямую спрашивается, какие последствия для законодательства ЕС по качеству воздуха будут иметь новые доказательства воздействия загрязнения воздуха на здоровье.

Важно отметить, что существует принципиальное различие между ВОЗ и ЕК в отношении их ролей и мандатов. Роль ВОЗ – формулирование нормативов, ВОЗ оценивает научные данные, с тем чтобы подготовить рекомендации, тогда как роль ЕК – политическая, ЕК вносит предложения и проводит принятие юридически обязательных решений в рамках своей юрисдикции.

Таким образом, в соответствии с нормативной ролью ВОЗ рекомендации, которые вытекают из проекта REVIHAAP, основываются исключительно на научных выводах по аспектам воздействия загрязнения воздуха на здоровье и не рассматривают вопросы, имеющие отношение к разработке политики, а именно связанные с технической осуществимостью, экономическими соображениями и другие политическими и социальными факторами.

Для охраны здоровья населения ВОЗ рекомендует удерживать концентрации загрязнителей воздуха на уровнях ниже тех, чем те, которые по документальным свидетельствам имеют неблагоприятные последствия для здоровья населения. «Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха» устанавливают, как правило, такие уровни. Вместе с тем, ВОЗ признает, что важные факторы, влияющие на управленческие решения в отношении качества воздуха, в разных странах неоднородны, и поэтому ВОЗ (в прошлом) подготовила промежуточные целевые значения для некоторых загрязнителей. Эти целевые значения должны способствовать непрерывному движению в направлении величин, указанных в рекомендациях ВОЗ, которые являются основными ориентирами.

## **6. Общие вопросы, имеющие отношение ко всем загрязнителям**

В этом разделе излагаются взгляды авторов на ключевые аспекты, общие для нескольких вопросов.

### **6.1 Смеси загрязнителей**

Запрос проанализировать влияние на здоровье каждого загрязнителя воздуха по отдельности косвенно свидетельствует о том, что каждый из них сам по себе

вызывает неблагоприятные последствия для здоровья. Загрязняющие вещества, регулируемые в настоящее время директивами ЕК и рассматриваемые в данном документе, часто имеют общие источники и связаны друг с другом сложными химическими процессами, происходящими в атмосфере. Группа экспертов признает, что загрязнение воздуха существует в виде сложной смеси и что на последствиях, отнесенных к отдельным загрязнителям воздуха, может сказываться общая токсичность полной смеси всех загрязняющих веществ. Вопрос о смесях конкретно рассматривается также в качестве части ответа на вопрос С8.

## **6.2 Оценка последствий для здоровья**

В вопросах А6, В3 и С4 спрашивается, какие показатели загрязнителей, индивидуального или общественного здоровья или функции «концентрация-эффект» могут быть использованы для оценки воздействия на здоровье РМ, озона и  $\text{NO}_2$ . Для расчета показателей воздействия на здоровье требуется нескольких компонентов: (а) прикидочная оценка имеющихся концентраций рассматриваемого загрязняющего вещества (или веществ); (б) определение целевой или нормативной концентрации или ожидаемое изменение концентрации рассматриваемого норматива; (в) функции зависимости «концентрация-эффект», которые обычно связывают изменения в загрязнении с процентными изменениями показателей индивидуального или общественного здоровья; (г) базовый или исходный уровень показателей здоровья; (д) характеристика неопределенности.

На основании имеющихся в настоящее время данных авторы данного анализа предоставили рекомендации в ответах на вопросы А6, В3 и С4, какие сочетания экспозиций к загрязняющим веществам с какими последствиями для здоровья можно использовать. Вместе с тем, для ответа на Вопрос D5, в настоящее время продолжается работа в рамках проекта HRAPIE по разработке рекомендаций, относительно набора функций «концентрация-эффект», которые могут быть включены в анализ затрат и выгод, что поддержит пересмотр политики ЕС по качеству воздуха. Эта работа включает проверку того, имеются ли подходящие базовые величины и показатели экспозиций, и обсуждение того, какие методологии оценки воздействия на здоровье являются наиболее подходящими в разных условиях.

## **6.3 Важные пробелы в данных**

В вопросах А7 и С9 спрашивается о выявлении важных пробелов в данных, которые необходимо восполнить, чтобы помочь ответить на другие вопросы в будущем. Эти вопросы встречаются в разделе А (РМ), а также в разделе С (другие загрязнители воздуха и их смеси). Группа экспертов отметила, что эти вопросы должны охватывать все загрязнители воздуха, которые в настоящее время регулируются директивами ЕС. Поэтому группа решила объединить эти два вопроса и представить ответ, который объединит все соответствующие важные пробелы в данных.

## **A. Воздействие PM на здоровье**

### **Вопрос A1**

**Какие новые данные появились по воздействию на здоровье со времени обзорной работы, проделанной для «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха», опубликованных в 2006 г., особенно в отношении силы доказательств воздействия на здоровье, связанного с экспозициями к PM<sub>2,5</sub>? Требуется ли пересмотреть научные выводы, сделанные в 2005 году, на основе этой новой информации?**

### **Ответ**

Со времени выпуска глобального обновления 2005 года «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» (Европейское региональное бюро ВОЗ, 2006 г.) было опубликовано много новых европейских и мировых исследований как по кратковременной, так и по долговременной экспозициям PM с аэродинамическим диаметром менее чем 2,5 мкм (PM<sub>2,5</sub>). Результаты этих исследований свидетельствуют в пользу научных выводов, изложенных в глобальных обновленных «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года, и выделяют дополнительные последствия для здоровья, ассоциированные с PM<sub>2,5</sub>. К числу основных выводов на сегодняшний день относятся следующие:

1. дополнительные данные о влиянии кратковременной экспозиции к PM<sub>2,5</sub> как на смертность, так и на заболеваемость, полученные в нескольких эпидемиологических исследованиях, каждое из которых было проведено в ряде городов;
2. дополнительные данные о влиянии длительной экспозиции к PM<sub>2,5</sub> на смертность и заболеваемость, полученные в нескольких исследованиях, проведенных на больших группах населения в Европе и Северной Америке;
3. авторитетный анализ данных о влиянии на сердечно-сосудистую систему, выполненный кардиологами, эпидемиологами, токсикологами и другими экспертами в области общественного здравоохранения, позволил сделать вывод о том, что длительная экспозиция к PM<sub>2,5</sub> является причиной сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности;
4. появилось лучшее понимание физиологических эффектов и возможных биологических механизмов, связывающих кратковременные и долговременные экспозиции к PM<sub>2,5</sub> со смертностью и заболеваемостью, что было отмечено в эпидемиологических, клинических и токсикологических исследованиях;
5. дополнительные исследования, увязывающие длительную экспозицию к PM<sub>2,5</sub> с некоторыми показателями здоровья, в том числе атеросклерозом, осложнениями при родах и детскими респираторными болезнями; и

- б. новые данные о возможных взаимосвязях длительной экспозиции к  $PM_{2,5}$  с развитием нервной системы, когнитивными функциями, а также с рядом хронических заболеваний, например, диабетом.

Научные выводы глобальных обновленных «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года, свидетельствующие в пользу причинной связи между  $PM_{2,5}$  и ухудшением здоровья людей, были подтверждены и укреплены и, таким образом, несомненно остаются в силе. Поскольку доказательная база, связывающая краткие и длительные экспозиции к РМ и последствия для здоровья, стала гораздо масштабнее, это говорит о важности обновления действующих рекомендаций ВОЗ по РМ. Это особо важно в свете того, что последние исследования показывают связь между длительными экспозициями к РМ и смертностью при уровне, значительно более низком, чем среднегодовой уровень в  $10 \text{ мкг/м}^3$ , который приведен в действующих «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» для  $PM_{2,5}$ . Дальнейшее обсуждение также приводится в разделе D.

## Вопрос А2

**Какие новые данные по воздействию на здоровье имеются по роли других фракций или показателей РМ, например, более мелких фракций (ультрадисперсных), черного углерода, химических составляющих (металлов, органических и неорганических соединений, веществ земной коры и РМ природного происхождения, первичного или вторичного) или видов источников (дорожное движение, включая выбросы помимо выхлопных газов, промышленность, переработка отходов ...), или времени экспозиции (например, отдельные или повторяющиеся краткие эпизоды очень высокой экспозиции, за 1 час, 24 часа, год)?**

### *Ответ*

---

Со времени выпуска глобального обновления 2005 года «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» (Европейское региональное бюро ВОЗ, 2006 г.) было опубликовано значительное число новых исследований, в которых представлены доказательства воздействия на здоровье фракций разного размера, различных компонентов и источников РМ. Последствия для здоровья наблюдаются при кратких (таких, как часы или дни) и длительных (годы) экспозициях к переносимым воздухом частицам.

#### **А. Фракции или показатели РМ, отличающиеся от $PM_{2,5}$ или $PM_{10}$**

1. В глобальных обновленных «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» 2005 г. было отмечено, что, несмотря на то что едва ли есть доказательства того, что какое-либо одно свойство РМ отвечает за негативные последствия для здоровья, токсикологические исследования свидетельствуют, что процессы сжигания ископаемого топлива и биомассы, вероятно, играют значительную роль в

возникновении неблагоприятных эффектов в показателях здоровья. С тех пор появилась дополнительная информация, которая подтверждает более ранние выводы. Эпидемиологические и токсикологические исследования показали, что масса РМ ( $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$ ) включает фракции, которые различаются типом и силой влияния на здоровье, что указывает на роль как их химического состава (например, переходные металлы или первичные и вторичные органические частицы, образующиеся в результате сжигания топлива), так и физических свойств (размер, число частиц или площадь поверхности).

2. Три важных компонента или показателя: черный углерод, вторичные органические аэрозоли и вторичные неорганические аэрозоли – характеризуются существенной экспозицией и найденными при изучении показателей здоровья ассоциациями и последствиями. Каждый из этих компонентов может являться ценной мерой воздействия смеси загрязнителей из различных источников.
  - а. Новые данные связывают частицы черного углерода с влиянием на состояние сердечно-сосудистой системы и преждевременной смертностью как при краткой (24 часа), так и при длительной (год) экспозициях. В исследованиях, которые учитывают одновременно и черный углерод, и  $PM_{2,5}$ , связь для черного углерода остается надежной. Даже тогда, когда черный углерод, возможно, сам не играет причинной роли, его частицы являются существенным дополнительным показателем качества воздуха при оценке рисков для здоровья от первичных частиц, образующихся при дорожном движении в результате сгорания, в том числе органических частиц, которые не полностью учитываются в массе  $PM_{2,5}$ .
  - б. Не было представлено новых токсикологических доказательств в поддержку причинной роли таких неорганических вторичных аэрозолей, как аммоний, сульфаты и нитраты. Тем не менее, эпидемиологические исследования по-прежнему находят ассоциации между сульфатами, нитратами и здоровьем людей. Ни роль катионов (например, аммония), ни взаимодействие с металлами или абсорбированными компонентами (например, органическими частицами) не были достаточно хорошо представлены в эпидемиологических исследованиях (см. Ответ С8). Даже когда вторичные неорганические частицы (особенно сульфатные) не являются причинными агентами, они являются ценными дополнительными показателями качества воздуха при оценке рисков для здоровья.
  - в. Имеется все больше информации об ассоциации органического углерода и последствий для здоровья, и углеродистые первичные выбросы являются одним из важных факторов в формировании вторичных органических аэрозолей (важный компонент массы  $PM_{2,5}$ ). Имеется недостаточно данных для того, чтобы различать токсичность первичных и вторичных органических аэрозолей.
3. Новые данные свидетельствуют о том, что кратковременные экспозиции к крупным частицам (в том числе, материалу земной коры) связаны с негативными последствиями для дыхательной и сердечно-сосудистой систем, в

том числе, с преждевременной смертностью. Данные клинических исследований являются скудными, тогда как токсикологические исследования сообщают о том, что крупные частицы могут быть так же токсичны, как  $PM_{2,5}$ , при такой же массе. Разница в риске между крупными и мелкими РМ может быть по крайней мере частично объяснена различиями в поступлении в организм и различными биологическими механизмами.

4. Продолжают накапливаться эпидемиологические данные, хотя по-прежнему еще ограниченные, о связи кратковременной экспозиции к ультрадисперсным (меньше чем 0,1 мкм) частицам с изменениями в сердечно-сосудистой, респираторной, а также и в центральной нервной системах. В клинических и токсикологических исследованиях было показано, что ультрадисперсные частицы (частично) действуют через механизмы, отличающиеся от тех, которые задействуют более крупные частицы, доминирующие в показателях, основанных на массе (например  $PM_{2,5}$  или  $PM_{10}$ ).

## **В. Типы источников**

Различные источники загрязнения воздуха были связаны с разного рода последствиями для здоровья. Большинство фактов, собранных до настоящего момента, свидетельствует о неблагоприятном воздействии на здоровье углеродистых веществ, образующихся при дорожном движении (см. также Вопрос С1). Из более ограниченного числа исследований следует, что пыль, образующаяся при дорожном движении, в том числе от изнашивания дорожного покрытия, тормозов и шин, также вносит свой вклад в неблагоприятные последствия для здоровья.

1. Сжигание угля приводит к образованию загрязненных сульфатами частиц, неблагоприятное влияние которых на здоровье строго показано в эпидемиологических исследованиях.
2. К источникам выбросов РМ, имеющим отношение к здоровью, также относятся перевозка грузов (сгорание масла), производство электроэнергии (сгорание масла и угля) и металлургия (например, никелевая).
3. Экспозиция к частицам от сгорания биомассы, особенно от домашнего сжигания древесины, может быть связана не только с респираторными, но и с сердечно-сосудистыми заболеваниями.
4. В ряде недавних эпидемиологических исследований эпизоды пыльных и песчаных бурь были связаны с госпитализацией в отделения сердечно-сосудистой патологии и со смертностью.

## **С. Длительность экспозиций – например, отдельные или повторяющиеся кратковременные эпизоды очень высокой экспозиции, 1 час, 24 часа, год.**

1. Эпидемиологические исследования предоставляют дополнительные данные о том, что имеется связь между долговременным (годы) воздействием  $PM_{2,5}$  и смертностью и заболеваемостью. Для  $PM_{10}$  имеющиеся доказательства

являются более слабыми, а для крупных частиц практически нет исследований длительных экспозиций.

2. Надежные данные эпидемиологических исследований также свидетельствуют о том, что ежедневная (средняя за 24 часа) экспозиция к РМ связана со смертностью и заболеваемостью, как наступающей немедленно, так и в последующие дни. Повторяющиеся (несколько дней) экспозиции могут привести к более серьезным последствиям для здоровья, чем однодневная экспозиция.
3. В то время как последствия кратких и длительных экспозиций частично взаимосвязаны, последствия длительных экспозиций не сводятся к сумме последствий всех кратких экспозиций. Последствия долговременной экспозиции обычно значительно выше, чем те, которые наблюдаются при краткой экспозиции, что свидетельствует о том, что эффекты долговременной экспозиции – это результат не только усиления, но и, возможно, результат прогрессирования основных заболеваний.
4. Множество данных токсикологических и клинических исследований свидетельствует о том, что кратковременная экспозиция (в диапазоне от менее часа до нескольких часов) к высокой концентрации частиц – продуктов сгорания приводит к немедленным физиологическим изменениям; это подтверждено и эпидемиологическими наблюдениями.

## Вопрос А3

**В законодательстве ЕС в настоящее время имеется одно предельное значение для экспозиции  $PM_{2,5}$ , которое основано на усредненном за год значении. На основе имеющихся в настоящее время данных о здоровье возникает ли необходимость в дополнительных предельных (или целевых) значениях для защиты здоровья от более кратковременных экспозиций?**

### *Ответ*

Со времени выпуска глобального обновления 2005 года «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» (Европейское региональное бюро ВОЗ, 2006 г.), когда было установлено значение для 24-часовой экспозиции  $PM_{2,5}$ , равное  $25 \text{ мкг/м}^3$ , значительно увеличилось число доказательств взаимосвязи 24-часовой средней экспозиции  $PM_{2,5}$  и неблагоприятных последствий для здоровья. Таким образом, поддержка 24-часовых предельных значений, установленных в глобальных обновленных «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» в дополнение к годовым предельным значениям, усилилась. Исследования, проведенные как в отдельных городах, так и по выборкам городов США, выявили взаимосвязи 24-часовых средних экспозиций  $PM_{2,5}$  со смертностью и госпитализацией из-за кардиореспираторных проблем со здоровьем. Так как до недавнего времени  $PM_{2,5}$  в Европе не отслеживались, данных по Европе имеется меньше; но в тех случаях, когда исследования были проведены, результаты согласуются хуже.

Следующие аспекты следует учитывать при принятии законодательных решений.

1. Хотя последствия кратковременных экспозиций могут усилить хронические проблемы со здоровьем, лица, подвергшиеся кратковременным экспозициям, не обязательно те же, что страдают от последствий долговременных экспозиций.
2. Не все биологические механизмы, касающиеся острых последствий, обязательно имеют отношение к долговременным последствиям и наоборот.
3. В периоды высокой концентрации  $PM_{2,5}$  граждане, органы государственной власти и другие группы должны принимать соответствующие меры для защиты здоровья.
4. В областях, где наблюдаются относительно умеренные длительные средние концентрации  $PM_{2,5}$ , могут случаться эпизоды с довольно высокими концентрациями.

На основании приведенных выше соображений научные результаты подтверждают воздействие на здоровье и свидетельствуют в пользу необходимости регулировать концентрации как кратковременных средних значений (например, 24-часовых средних), так и среднегодовых.

## Вопрос А4

**Какие данные о здоровье имеются в поддержку введения независимого предельного значения для  $PM_{10}$  (параллельно с (i) среднегодовым предельным значением для  $PM_{2,5}$  и (ii) несколькими предельными значениями для защиты от кратких и длительных экспозиций к  $PM_{2,5}$ )?**

### *Ответ*

Имеется осязаемое количество научной литературы о последствиях для здоровья кратких и длительных экспозиций к  $PM_{10}$  в концентрациях ниже ныне действующих европейских предельных значений. Следующие аргументы ясно показывают, что  $PM_{10}$  – это не только дополнительная мера для  $PM_{2,5}$ .

1. Как отмечалось выше (Вопрос А2), в настоящее время появляется все больше данных о неблагоприятном воздействии крупных частиц ( $PM_{10-2,5}$ ) на здоровье. Последствия для здоровья от кратковременных экспозиций к крупным частицам наблюдались независимо от последствий, связанных с мелкодисперсными частицами ( $PM_{2,5}$ ).
2. Новые европейские исследования подтверждают доказательства взаимосвязи долговременной экспозиции к  $PM_{10}$  со здоровьем, особенно с заболеваниями дыхательной системы, а также доказательства улучшения здоровья от снижения

длительных усредненных концентраций  $PM_{10}$  до уровней значительно ниже, чем ныне действующие предельные значения ЕС для  $PM_{10}$ .

3. Крупные и мелкие частицы оседают в разных отделах дыхательных путей, имеют различные источники и состав, действуют через частично различные биологические механизмы и приводят к разным последствиям для здоровья.

Поэтому установление независимых кратковременных и долговременных предельных значений для атмосферных  $PM_{10}$  в дополнение к  $PM_{2,5}$ , для того чтобы защитить здоровье от последствий воздействия как мелких, так и крупных частиц, хорошо обосновано.

## Вопрос А5

**В законодательстве ЕС существует значение предельной концентрации и цель по сокращению экспозиции для  $PM_{2,5}$ . Для того чтобы решить, будет ли защита здоровья людей более эффективной, если использовать цели по уменьшению экспозиции, а не предельные или целевые значения, важно понять, какую форму имеют функции «концентрация-эффект» (в дополнение к другим вопросам, таким как: экспозиция, соотношение эффективности и затрат, осуществимость с технической точки зрения). Какие имеются новейшие данные в отношении пороговых значениях и линейности для  $PM_{2,5}$ ?**

### *Ответ*

---

Существование пороговых значений и линейность зависимости показателей здоровья от экспозиции к  $PM_{2,5}$  являлось предметом ряда исследований, опубликованных с 2005 года. Особенно надежно можно оценить эти параметры на основании исследований последствий кратковременных экспозиций. Методологические трудности при исследованиях длительных экспозиций не позволяют в полной мере оценить пороговые значения и линейность.

- **Пороговые значения.** В исследованиях кратковременных экспозиций имеются существенные доказательства связи вплоть до крайне низких уровней  $PM_{2,5}$ . Данные ясно указывают на отсутствие порогового значения, ниже которого последствий ни для кого бы не было. Аналогичным образом, в исследованиях длительных экспозиций не находится никаких доказательств порогового значения. Некоторые из последних исследований приводят данные о влиянии на показатели смертности концентрации ниже, чем среднегодовая, равная  $10 \text{ мкг/м}^3$ .
- **Линейность.** В европейских исследованиях кратковременного воздействия, в которых тщательно изучали функции «концентрация-эффект», не было обнаружено значительных отклонений от линейности для атмосферных уровней  $PM_{2,5}$ , наблюдаемых в Европе. В некоторых исследованиях длительных

воздействий изучали форму функции «концентрация-эффект». Результаты анализа исследований, проведенных в различных регионах мира с разными диапазонами и источниками загрязнений, свидетельствуют о том, что при более низких уровнях функция "экспозиция-эффект" растет быстрее (надлинейная зависимость).

Если принять во внимание отсутствие пороговых значений и линейные или надлинейные функции риска, то любое сокращение концентраций  $PM_{2,5}$ , независимо, являются ли нынешние уровни выше или ниже предельных значений, даст положительный эффект для здоровья населения.

## Вопрос А6

**На основе имеющихся в настоящее время данных о здоровье какие показатели РМ, здоровья и функции «концентрация-эффект» могут быть использованы для оценки воздействия на здоровье человека?**

### *Ответ*

Имеющаяся совокупность данных подтверждает количественные оценки воздействий по нескольким показателям РМ как по краткосрочным, так и по долгосрочным экспозициям (см. Вопросы А1, А3 и А4). В частности, существует большое количество данных по когортным исследованиям, которые подтверждают количественную оценку влияния длительной экспозиции к  $PM_{2,5}$  на показатели как смертности (от всех причин или от сердечно-сосудистых заболеваний), так и заболеваемости. Кроме того, исследования кратковременных экспозиций подтверждают обоснованность количественного определения острых последствий воздействия  $PM_{2,5}$  по ряду показателей заболеваемости.

Существуют и другие показатели РМ, для которых были опубликованы функции «концентрация-эффект» в отношении по крайней мере некоторых показателей здоровья. К этим показателям или видам относятся:  $PM_{10}$ , крупная фракция  $PM_{10}$ , черный углерод, сульфаты и другие. Их использование зависит от цели оценки воздействия на здоровье человека. Эксперты, оценивающие влияние на здоровье, могли бы использовать черный углерод в качестве основного индикатора для РМ, образуемых при дорожном движении, с помощью опубликованных кратковременных или долгосрочных функций «концентрация-эффект». Вместе с тем, по сравнению с  $PM_{2,5}$ , для черного углерода и других альтернативных показателей имеется меньше исследований и/или показателей здоровья. Оценки риска, основанные на исследованиях  $PM_{2,5}$ , будут наиболее содержательными. Альтернативные показатели, такие как черный углерод, могут быть использованы для анализа чувствительности. Следует иметь в виду, что воздействия, полученные для различных показателей РМ, не следует суммировать, так как последствия и источники не являются полностью независимыми.

Сведения о методах оценки влияния на здоровье рассматриваются в проекте HRAPIE (Вопрос D5). Мы хотели бы особо отметить только следующие общие аспекты.

- Имеется множество недавно выполненных и опубликованных оценок воздействия на здоровье для различных видов или показателей РМ и периодов времени усреднения, которые могут служить в качестве основы для количественной оценки. В числе этих исследований – последнее обновление в рамках проекта по глобальному бремени болезней. Данные оценки воздействия на здоровье базируются на эпидемиологических исследованиях, проведенных в Европе и Северной Америке.
- При планировании оценки воздействия на здоровье, выбирая зависимость загрязнитель-показатель здоровья, необходимо принимать в расчет наличие соответствующих медицинских данных, так как их отсутствие будет лимитирующим фактором.
- Данные о смертности от всех естественных причин, как правило, являются более надежными, чем данные о смертности от отдельных причин. С другой стороны, загрязнение воздуха не может быть связано со всеми причинами смерти; таким образом, оценка по отдельным причинам является более оправданной. В свете таких методологических противоречий рекомендуется провести оба типа анализа, чтобы прояснить чувствительность результатов в их применении к населению ЕС.
- Не для всех государств-членов имеются базовые данные по заболеваемости, поэтому эти данные, возможно, потребуется получить путем прикидочной оценки или вывести из данных местных исследований или других стран.
- С учетом масштабов имеющихся данных и неопределенности, которая присуща оценке воздействия на здоровье, следует приводить информацию о чувствительности результатов (на которую влияет принятие тех или иных исходных предположений).

## **В. Воздействие озона на здоровье**

### **Вопрос В1**

**Какие новые данные о воздействии на здоровье кратковременной и долговременной экспозиции озона появились со времени обзорной работы, проделанной для глобального обновления 2005 года «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха», особенно в отношении доказательств последствий для здоровья?**

#### ***Ответ***

---

В глобальных обновленных «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года имелись доказательства влияния только кратковременных экспозиций к озону на смертность и заболеваемость органов дыхания.

- С 2005 года было опубликовано несколько когортных исследований долговременной экспозиции к озону и смертности. Имеются данные наиболее мощного исследования, выполненного Американским онкологическим обществом, по влиянию долгосрочной экспозиции к озону на смертность от респираторных заболеваний и на смертность от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний, в последнем случае эта связь показана менее убедительно. Также имеются определенные данные по другим когортам о влиянии на смертность среди людей с потенциально предрасполагающими заболеваниями (хронические обструктивные заболевания легких, диабет, застойная сердечная недостаточность и инфаркт миокарда).
- Кроме того, в нескольких новых исследованиях отдаленных последствий длительной экспозиции было показано негативное влияние на число случаев заболеваний астмой, тяжесть астмы, лечение в больнице для страдающих астмой и на легочную функцию.
- Новые данные о негативных последствиях кратковременных экспозиций к озону, опубликованные после 2005 года, поступают от проводимых сотрудничающими центрами в Европе, США и Азии крупных исследований, в которых выполняют серии периодических замеров. В европейских исследованиях было сообщено о неблагоприятном влиянии кратковременной экспозиции к ежедневным концентрациям озона (максимум за 1 час или среднее за 8 часов) на смертность от всех причин и от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний. Также было сообщено о негативном влиянии экспозиции к суточным концентрациям озона на госпитализацию с респираторными и сердечно-сосудистыми заболеваниями, после корректировки на воздействие взвешенных частиц (PM<sub>10</sub>).

- Уже в обзоре 2005 года токсикологические исследования человека и животных предоставили немало доказательств влияния кратковременных экспозиций к озону на ряд репрезентативных для состояния здоровья показателей легких и сосудистой системы. За прошедший период доказательная база такого рода укрепилась. Кроме того, новые работы, выполненные на ряде экспериментальных животных моделей, в том числе на приматах, свидетельствуют о хроническом повреждении и долгосрочных структурных изменениях в дыхательных путях у животных, которые были экспонированы в течение длительного времени только к озону или к озону вместе с аллергенами.
- Новые эпидемиологические и экспериментальные данные, полученные на людях и на животных моделях, показывают, что экспозиция к озону влияет на когнитивное развитие и репродуктивное здоровье, включая преждевременные роды.

## Вопрос В2

**Какие новые данные были опубликованы в отношении доказательств или вероятности порогового значения, ниже которого воздействия на здоровье не ожидается?**

### *Ответ*

В эпидемиологических исследованиях, изучавших влияние длительного воздействия озона на уровень смертности, в целом, не было получено данных, позволяющих надежно установить пороговое значение для последствий долговременной экспозиции к озону.

В недавних экспериментах было показано, что по сравнению с контрольными, экспонированными к чистому воздуху, экспозиция здоровых волонтеров к озону в концентрации  $120 \text{ мкг/м}^3$  ( $60 \text{ млрд}^{-1}$ ) приводила к нарушению функции легких и воспалению, однако этот эффект наблюдался только у здоровых молодых людей, подвергавшихся продолжительному воздействию (6,6 часов) во время физической нагрузки. Условия этих экспериментов вряд ли в полной мере отражают диапазон экспозиций, с которым сталкивается обычное население, и реальные комбинации восприимчивости и экспозиции. Воздействие озона на легочную функцию и воспаление было описано для реальных жизненных ситуаций, в частности, в исследованиях, проведенных в летнем лагере, где наблюдались более низкие концентрации, менее  $110 \text{ мкг/м}^3$  ( $55 \text{ млрд}^{-1}$ ), и средняя экспозиция 8 часов. Было высказано соображение, что эффекты этих более низких уровней, возможно, являются результатом воздействия на субпопуляции с большей восприимчивостью или из-за комбинаций с другими факторами стресса, например с другими загрязнителями. Пороговое значение, установленное на основе эпидемиологических исследований кратковременных экспозиций, не согласуется с результатами нескольких масштабных исследований, проведенных на выборках городов, в

которых не было найдено свидетельств порогового значения вплоть до фоновой концентрации озона, в то время как другие исследования кратковременных экспозиций указывают на пороговое значение между  $20 \text{ мкг/м}^3$  и  $90 \text{ мкг/м}^3$  ( $10 \text{ млрд}^{-1}$  и  $45 \text{ млрд}^{-1}$ ) (дневной максимум за 1 час). В целом, данные о пороговом значении для кратковременной экспозиции не согласуются, но в тех случаях, когда пороговое значение приводят, оно составляет меньше  $90 \text{ мкг/м}^3$  ( $45 \text{ млрд}^{-1}$ ) (максимум за 1 час).

### Вопрос В3

**На основе имеющихся в настоящее время данных о здоровье какие показатели озона, здоровья и функции «концентрация-эффект» могут быть использованы для оценки воздействия на здоровье человека?**

#### *Ответ*

В основном используются негативные показатели здоровья, для которых заранее известны исходные (базовые) значения и которые подходят для оценки воздействия на здоровье, обычно показатели смертности и госпитализации. Данные, полученные в исследованиях кратковременных экспозиций к озону с использованием серий периодических замеров, свидетельствуют, что расчеты оценки влияния на здоровье можно делать по ряду показателей, в том числе по смертности всех возрастов, от всех причин или от сердечно-сосудистых и респираторных заболеваний, а в возрастной группе 65 лет и старше – по госпитализации с респираторными и сердечно-сосудистыми заболеваниями. Эпидемиологические данные укладываются в расчеты, в которых используются круглогодичные коэффициенты для максимальной экспозиции к озону за 8 часов (вычисленные на основе опубликованных в литературе величин за 1 час), в том числе после поправки на  $\text{PM}_{10}$ .

В силу причин, указанных в ответе на Вопрос В2, при расчете влияния на здоровье кратковременных экспозиций мы советуем сделать допущение, что для рекомендуемых показателей зависимость «концентрация-эффект» является линейной. Поскольку эпидемиологические данные по линейности не распространяются до нуля, для оценки влияния на здоровье рекомендуется установить соответствующие пороговые значения: одно –  $20 \text{ мкг/м}^3$  ( $10 \text{ млрд}^{-1}$  д) для ежедневного максимума озона за 8 часов и другое –  $70 \text{ мкг/м}^3$  ( $35 \text{ млрд}^{-1}$ ) для лучшего согласования с предыдущими работами, в которых использовались данные SOMO35.

Из-за неопределенности в отношении эффектов длительных экспозиций к озону, о которой говорится в ответе на Вопрос В1, мы предлагаем оценивать воздействие на здоровье (по смертности от респираторных и сердечно-сосудистых заболеваний) по сценарию чувствительности. Исходя из предположения, что в изучаемых пределах концентраций озона имеется взаимосвязь, мы рекомендуем использовать

коэффициенты из моделей для отдельных загрязнителей, взятые из когортного исследования Американского онкологического общества.

## Вопрос В4

**Есть ли доказательства того, что другие фотохимические окислители (по отдельности или в смесях) могут вызывать озабоченность в отношении здоровья населения – например, может ли действие озона открытого воздуха на продукты реакции, образованные внутри помещений, объяснить ассоциации озона открытого воздуха и его связь со вторичными органическими аэрозолями?**

### *Ответ*

---

На сегодняшний день число исследований, изучающих токсичность продуктов реакций озона с летучими органическими соединениями, частицами и поверхностями в помещениях, остается ограниченным. Однако, очевидно, что озон участвует в образовании вторичных неорганических и органических РМ на открытом воздухе и что реакции озона с обычными для помещений летучими органическими соединениями приводят к образованию большого числа соединений, многие из которых считаются раздражителями дыхательных путей. В настоящее время данная область находится в готовности к проведению полных исследований экспозиций животных и человека, для того чтобы понять, должно ли образование этих классов соединений в соответствующих концентрациях вызывать озабоченность в отношении здоровья населения помимо и в дополнение к самому озону. В настоящее время, однако, имеется недостаточно информации для того, чтобы дать определенный ответ на Вопрос В4.

## **С. Близость к дорогам, NO<sub>2</sub>, другие загрязнители воздуха и их смеси**

### **Вопрос С1**

**Есть доказательства того, что рост последствий для здоровья связан с близостью к дорогам. Имеются ли данные, показывающие, что конкретные загрязнители воздуха или их смеси вызывают этот рост с учетом совместных экспозиций, например, вместе с шумом?**

### ***Ответ***

Автотранспортные средства являются значительным источником загрязнения воздуха в городах. Отрицательные последствия для здоровья из-за близости к дорогам наблюдаются после поправок на социально-экономический статус и на шум. Повышенные риски для здоровья, связанные с жизнью в непосредственной близости от дорог, едва ли можно объяснить массой PM<sub>2,5</sub>, поскольку уровень PM<sub>2,5</sub> лишь слегка повышен около дорог. В отличие от PM<sub>2,5</sub>, уровни концентраций других загрязнителей, а именно: ультрадисперсных частиц, монооксида углерода, NO<sub>2</sub>, черного углерода, полициклических ароматических углеводородов, и некоторых металлов – повышены у дорог более существенно. Эти вещества, по отдельности или в сочетаниях, вероятно, ответственны за вредное воздействие на здоровье людей. Имеющиеся данные не позволяют различить загрязняющие вещества или их сочетания по их воздействию на здоровье, хотя все чаще находят взаимосвязи с первичными выхлопными выбросами PM.

Выбросы выхлопных газов являются важным источником загрязнения, связанного с дорожным движением, и некоторые эпидемиологические и токсикологические исследования связывают такие выбросы с неблагоприятными последствиями для здоровья. Истирание дорожного покрытия, износ шин и тормозов являются источником иных дорожных выбросов, и с постепенным сокращением выбросов выхлопных газов эти, невыхлопные, выбросы становятся более существенными. Токсикологические исследования все чаще указывают на то, что такие невыхлопные загрязнители могут вызывать некоторые из наблюдаемых негативных последствий для здоровья.

## Вопрос С2

**Существуют ли какие-либо новые данные о воздействии на здоровье NO<sub>2</sub>, которые могут повлиять на действующие предельные значения? Оправданы ли долговременные и кратковременные предельные значения тем, что NO<sub>2</sub> напрямую влияет на здоровье человека, или NO<sub>2</sub> связан с другими совместно выбрасываемыми загрязнителями и служит для них индикатором?**

### *Ответ*

Во многих исследованиях, которые ранее не рассматривались или были опубликованы после 2004 года, была подтверждена взаимосвязь между колебаниями ежедневных концентраций NO<sub>2</sub> и показателями смертности, госпитализации и респираторных симптомов. Кроме того, были опубликованы исследования, показывающие взаимосвязи между длительными экспозициями NO<sub>2</sub> и смертностью и заболеваемостью. Как в кратковременных, так и в долговременных исследованиях были найдены такие ассоциации с негативными эффектами от концентраций на уровне или ниже принятых в ЕС предельных значений, которые для NO<sub>2</sub> равны значениям глобальных обновленных «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года. Результаты исследований в камерах при проведении токсикологических исследований способствуют некоторому пониманию механизмов, которые помогают в интерпретации причин респираторных последствий. Таким образом, результаты новых исследований свидетельствуют в пользу обновления глобальных обновленных «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года (Европейское региональное бюро ВОЗ, 2006) в отношении NO<sub>2</sub>, для того чтобы предоставить: а) основанное на эпидемиологических данных рекомендованное значение для кратковременной экспозиции и (б) среднегодовое рекомендованное значение, основанное на недавно полученных данных. В обоих случаях, это может привести к снижению рекомендуемых значений.

Имеются данные о небольших эффектах воспаления и увеличенной гиперреактивности дыхательных путей при концентрации NO<sub>2</sub> в диапазоне 380–1880 мкг/м<sup>3</sup> (0,2–1,0 млн<sup>-1</sup>). Свидетельства об этих эффектах получены в исследованиях в камерах (при широком диапазоне условий экспозиции, с продолжительностью экспозиции от 15 минут до 6 часов, с некоторой несогласуемостью результатов), где более заметные согласуемые эффекты наблюдались при концентрациях выше 1880 мкг/м<sup>3</sup> (1,0 млн<sup>-1</sup>). Новые обзоры сообщают о слабых до умеренных изменениях в клетках легких животных в исследованиях при концентрациях за один час 380-1500 мкг/м<sup>3</sup> (0,2 -0,8 млн<sup>-1</sup>). Эти концентрации не сильно отличаются от концентраций, имеющих у дорог или при дорожном движении в течение многих часов. В исследованиях, проведенных в камерах, изучали небольшое число здоровых людей или людей с легкой формой астмы, в то время как среди населения в целом имеются люди с более высокой

чувствительностью, у которых может развиваться более сильный эффект при более низких концентрациях.

Связь между  $\text{NO}_2$  и краткосрочными последствиями для здоровья была найдена в многочисленных исследованиях после поправки на другие загрязнители. К загрязняющим веществам, на которые вводят поправки, относятся  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$  и иногда черный дым. Это не доказывает, что данные взаимосвязи могут полностью объясняться только  $\text{NO}_2$ , так как в этих исследованиях  $\text{NO}_2$ , возможно, служит представителем других составляющих, которые имеют негативные последствия для здоровья, но не представлены используемыми и регулируемые в настоящее время показателями  $\text{PM}$ . Поскольку имеются согласуемые эпидемиологические данные по кратковременным экспозициям и некоторая механистическая поддержка причинной роли, особенно для влияния на дыхательные органы, можно обоснованно заключить, что  $\text{NO}_2$  вызывает некоторые эффекты напрямую.

Гораздо труднее судить о независимых эффектах  $\text{NO}_2$  в исследованиях с длительными экспозициями, поскольку в этих исследованиях часто наблюдается высокая корреляция концентраций  $\text{NO}_2$  и концентраций других загрязнителей, так что  $\text{NO}_2$ , возможно, выступает представителем смеси загрязнителей воздуха, образованных при дорожном движении. В этом случае исследования в камерах не применимы и токсикологические данные ограничены. Вместе с тем, результаты некоторых эпидемиологических исследований свидетельствуют об ассоциации долговременных экспозиций  $\text{NO}_2$  с показателями смертности от дыхательных и сердечно-сосудистых болезней, а также с респираторными симптомами и нарушением функций легких у детей. Эти ассоциации не зависели от показателей массы  $\text{PM}$ . Как и в случае с последствиями кратковременных экспозиций,  $\text{NO}_2$  в этих исследованиях, возможно, служит представителем других составляющих. Несмотря на это, данные по механизмам, особенно по респираторным эффектам, и масса свидетельств кратковременных ассоциаций наталкивает на мысль о причинных взаимоотношениях.

## Вопрос С3

**На основе имеющихся данных по здоровью какой период экспозиции был бы наиболее уместным для предельного значения для кратковременной экспозиции  $\text{NO}_2$ ?**

### *Ответ*

Наиболее уместным периодом экспозиции на основе имеющихся данных является 1 час, потому как исследования в камере показали, что максимальная часовая экспозиция приводит к острым респираторным последствиям. Результаты токсикологических исследований также подтверждают достоверность реакций на максимальные концентрации. В исследованиях с сериями периодических замеров и в панельных исследованиях изучали ассоциации, используя средние концентрации

NO<sub>2</sub> за 24 часа и за 1 час и получили похожие результаты. Результаты данных исследований помогли бы в разработке обеих рекомендаций ВОЗ, для 24 часов и 1 часа, но, поскольку имеются токсикологические данные и исследование в камере для интервала в 1 час или близко к нему и есть гораздо меньше данных для интервала в 24 часа, период экспозиции в 1 час является предпочтительным. В городских районах максимальные концентрации за 1 час и средние значения за 24 часа были настолько тесно взаимосвязаны, что стало возможным вывести рекомендуемую максимальную концентрацию за 1 час, используя 24-часовую среднюю концентрацию NO<sub>2</sub>, если при этом следовать выявленным в анализе экспертов закономерностям взаимосвязи этих показателей в Европе. По этой причине нет необходимости на основе эпидемиологических исследований разрабатывать 24-часовое предельное значение в дополнение к 1-часовой рекомендации.

## Вопрос С4

**На основе имеющихся в настоящее время данных по здоровью какие показатели NO<sub>2</sub>, здоровья и функции «концентрация-эффект» могут быть использованы для оценки воздействия на здоровье человека?**

### *Ответ*

При ответе на этот вопрос имеется в виду оценка воздействия на здоровье самого диоксида NO<sub>2</sub> при условии, что количественную оценку воздействия других загрязнителей – особенно суммы РМ – также выполняют. Использование NO<sub>2</sub> в качестве индикатора для оценки эффекта местных мер регулирования дорожного движения в отношении здоровья рассматривается в обосновании. Совокупность данных свидетельствует в пользу количественного определения эффектов кратковременных экспозиций с использованием такого же времени усреднения, как в соответствующих исследованиях. Наиболее сильные доказательства имеются для госпитализации по респираторным заболеваниям, а также ряд данных – по смертности от всех причин. Эти показатели здоровья рекомендуется использовать в основном анализе. Госпитализация по сердечно-сосудистым заболеваниям может быть включена в качестве анализа чувствительности – эти данные более неопределенные, чем данные госпитализации по респираторным заболеваниям. Рекомендуется выводить функции «концентрация-эффект» на основе исследований с сериями периодических замеров, в которых оценка последствий NO<sub>2</sub> приведена с поправками, по крайней мере, на массу РМ.

В качестве показателей здоровья для основной оценки воздействия длительной экспозиции NO<sub>2</sub> рекомендуется учитывать симптомы бронхита у детей-астматиков, применяя коэффициент поправки на показатели РМ, выведенный на основе Южно-Калифорнийского исследования здоровья детей (Southern California Children's Health Study). Можно также оценивать воздействие на здоровье, используя распространенность астмы. Однако поскольку в настоящее время имеются только

прикидочные оценки распространенности астмы, выведенные на основе моделей для отдельных загрязнителей, этот показатель здоровья следует использовать только в анализах чувствительности, в которых результаты сравнивают с результатами оценок воздействия на здоровье массы РМ.

В когортных исследованиях также находят взаимосвязи между длительными экспозициями к NO<sub>2</sub> и смертностью, однако не все они достаточно надежные для использования в основной оценке воздействия на здоровье. По этой причине влияние длительных экспозиций к NO<sub>2</sub> на смертность от всех причин рекомендуется использовать только в анализе чувствительности. Следует использовать функции «концентрация-эффект» из когортных исследований, в которых оценки влияния NO<sub>2</sub> были скорректированы, по крайней мере, на массу РМ. Из-за неопределенности в понимании механизмов сердечно-сосудистых эффектов смертность от сердечно-сосудистых причин также может быть включена в анализ чувствительности.

## Вопрос С5

**Есть ли какие-либо новые данные о воздействии на здоровье выбросов в атмосферу мышьяка, кадмия, ртути, свинца и никеля (и их соединений), которые бы повлияли на действующие предельные значения?**

### *Ответ*

---

**Мышьяк.** Да, есть некоторые новые данные по риску рака, связанному с выбросами в атмосферу мышьяка, но эти данные противоречивы в отношении направления риска. Эти новые данные недостаточны для того, чтобы в настоящее время повлиять на принятое в ЕС целевое значение.

**Кадмий.** Да, есть новые доказательства воздействия выбросов в атмосферу кадмия на здоровье. Достижение величин, принятых в настоящее время в «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» и являющихся целевыми значениями ЕС, не предотвращает роста уровня кадмия в сельскохозяйственных почвах из-за осаждения его из воздуха, что тем самым способствует негативному воздействию на здоровье населения в целом. Если «Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха» будут пересматриваться, эти новые данные должны быть учтены.

**Ртуть.** Нет, не имеется новых доказательств воздействия выбросов в атмосферу ртути на здоровье, которые могли бы повлиять на нынешнюю политику.

**Свинец.** Да, определенно имеются новые доказательства воздействия выбросов в атмосферу свинца на здоровье, которые могли бы повлиять на действующее предельное значение. Эти данные свидетельствуют о том, что эффекты воздействия свинца на центральную нервную систему у детей и на сердечно-сосудистую систему у взрослых наблюдаются при величинах, принятых в нынешнем стандарте

ЕС и в «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха», и даже при более низких значениях.

**Никель.** Да, есть некоторые новые данные о воздействии на здоровье выбросов в атмосферу никеля, но это, вероятно, не будет иметь существенных последствий для оценки риска и принятого в настоящее время целевого значения.

## Вопрос С6

**Существуют ли какие-либо новые данные о воздействии на здоровье выбросов в атмосферу полициклических ароматических углеводородов, которые бы повлияли на действующие в настоящее время целевые значения?**

### *Ответ*

Некоторые полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) являются мощными канцерогенами, и зачастую в воздухе они связаны с частицами, которые также могут играть роль в их канцерогенности. Так как механизм канцерогенеза, вызываемого ПАУ, – это генотоксичность, уровень ПАУ в воздухе должен поддерживаться настолько низким, насколько это возможно. Имеются новые данные, увязывающие экспозицию к ПАУ с показателями сердечно-сосудистой системы. Однако в настоящее время эти эффекты ПАУ нельзя отделить от эффекта частиц, поэтому эти данные не будут влиять на целевые значения. В работах по изучению ранних биологических эффектов с использованием биологических маркеров, в том числе соединений ПАУ с ДНК (ДНК-аддуктов), также был выявлен целый ряд потенциально не канцерогенных эффектов экспозиции к ПАУ в общих популяциях детей и взрослых. В целом, не имеется новых данных, на основании которых можно было бы предложить новое целевое значение. Вместе с тем, следует отметить, что, исходя из более ранней литературы, действующее целевое значение  $1 \text{ нг/м}^3$  бензо[а]пирена связано с риском рака в течение жизни равным примерно  $1 \times 10^{-4}$ .

## Вопрос С7

**Есть ли какие-либо новые данные о воздействии на здоровье кратковременных (менее 1 дня) экспозиций к  $\text{SO}_2$ , которые могут привести к изменениям «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» (основанных на периодах усреднения 10 минут и 1 день) или предельных показателей качества воздуха ЕС (основанных на периодах усреднения 1 час и 1 день)?**

### *Ответ*

Нет новых исследования с респираторными камерами, результаты которых могли бы изменить 10-минутную рекомендацию в  $500 \text{ мкг/м}^3$ , выведенную на основе

исследований такого же типа. Вместе с тем, при повторном анализе ранее опубликованной литературы при  $572 \text{ мкг/м}^3$  ( $0,2 \text{ млн}^{-1}$ ) была обнаружена лишь маленькая разница (статистически незначимая после контроля на несколько сравнений) между теми, кто реагировал, и теми, кто не реагировал. А это значение служило отправной точкой для выведения предыдущей рекомендации. Таким образом, хотя имеющийся в настоящее время статистический анализ свидетельствует о том, что отправная точка не нуждается в изменении, небольшое увеличение фактора безопасности во время следующего пересмотра рекомендаций по сравнению с принятым в настоящее время значением 1,15 может быть оправдано, потому как маленькая (хотя и незначимая) разница между теми, кто реагировал, и теми, кто не реагировал, при этой концентрации увеличивает неопределенность того, относится ли это значение к уровню без эффекта или к уровню с минимальным эффектом. Если будущие данные подтвердят эту разницу, тогда, возможно, потребуется изменить и отправную точку.

Рекомендация для среднего значения за 24 часа была основана на нижней границе диапазона концентраций, использованных в исследованиях с сериями периодических замеров, а также на основании данных Гонконгского интервенционного исследования (Hong Kong intervention study). Данные, полученные в исследованиях с сериями периодических замеров, продолжают накапливаться, но они по-прежнему плохо согласуются между собой после введения поправок на другие загрязнители по многим (но не по всем) показателям здоровья – например, они согласуются для госпитализаций по астме. Результаты исходного Гонконгского интервенционного исследования по-прежнему представлены сокращением смертности в ответ на снижение экспозиции к  $\text{SO}_2$  до или после вмешательства (интервенции) вне зависимости от  $\text{PM}_{10}$ , хотя более поздний отчет указывает на дополнительные сложности в отделении эффектов сокращения  $\text{SO}_2$  от эффектов сокращения других составляющих, таких как никель или ванадий. В новых исследованиях используют диапазон концентраций, близкий к диапазону предыдущих исследований, поэтому рекомендацию для среднего значения за 24 часа не требуется менять, если для выведения рекомендованного значения будет использован тот же метод (использование концентрации у нижней границы диапазона).

## Вопрос С8

**Есть ли важные взаимодействия между загрязнителями воздуха, приводящие к неблагоприятным последствиям для здоровья, которые должны быть учтены при подготовке политики по качеству воздуха?**

### *Ответ*

---

*Примечание.* В ответе на этот вопрос не учитывается взаимодействие с восприимчивостью или поведением человека, или с другими факторами, за исключением температуры.

Некоторые взаимодействия между загрязнителями воздуха изменяют токсичность смеси. Это могут быть физико-химические взаимодействия в воздухе, а также биологические взаимодействия. При подготовке политики по качеству воздуха можно рассмотреть следующие соображения.

- В исследованиях было получено очень мало доказательств того, что смеси загрязнителей воздуха приводят к значительно большим последствиями для здоровья (синергизм), чем можно было бы ожидать на основе информации для отдельных загрязнителей. Это, однако, в основном, следствие недостатка данных и методологических ограничений.
- В очень немногих эпидемиологических исследованиях изучали потенциальную возможность взаимодействия загрязнителей. Скорее всего, это следствие степени их корреляции – от средней до высокой. Из-за того, что смеси загрязнителей существуют в неконтролируемых условиях, часто бывает трудно определить, являются ли эффекты загрязнителей окружающего воздуха независимыми или синергичными.
- Наблюдаемые синергичные биологические последствия комбинаций ультрадисперсных частиц и переходных металлов или частиц и летучих органических соединений позволяют предположить большее совокупное влияние на здоровье, чем можно было бы ожидать от отдельных компонентов.
- Сокращение выбросов оксидов азота без сопутствующего снижения выбросов летучих органических соединений может привести к тому, что изменений не будет, или даже может привести к увеличению концентрации озона рядом с источником.
- Пылевидные частицы любого типа могут переносить аллергены или токсичные конденсированные пары, приводя к тому, что воздействие этих компонентов может быть значительно большим, чем без частиц. Такой эффект адьюванта (усиления) тем сильнее, чем мельче частицы. Были опубликованы некоторые доказательства того, что  $\text{NO}_2$  может усилить аллергические реакции.
- В целом, сокращение одного компонента не приведет к значительному увеличению риска для здоровья, связанного с другими компонентами. Последствия снижения концентрации РМ для образования (полу)летучих органических соединений не очевидны.
- Существуют некоторые данные о взаимодействии загрязняющих веществ и высокой температуры.
- Изменения состава смеси загрязнителей воздуха из-за смены видов топлива может, при определенных условиях, привести к более вредным выбросам.

## Вопросы А7 и С9

**Существуют ли важные пробелы в данных, которые необходимо заполнить, чтобы в будущем можно было более полно ответить на вопросы А, В и С?**

### *Ответ*

---

Для большинства загрязнителей воздуха, которые рассматриваются в проекте REVIHAAP, были выявлены несколько важных пробелов в данных, которые не позволяют провести всеобъемлющую и тщательную оценку опасностей для здоровья и функций «концентрация-эффект». Дополнительные эпидемиологические исследования, которые поспособствуют обновлению функций «экспозиция-эффект» на основе мета-анализа комплексной оценки риска, приведут к значительному сокращению неопределенностей, остающихся в количественной оценке рисков для распознаваемых в настоящее время опасностей. Для более полного понимания источников, ответственных за наиболее вредные выбросы, а также физико-химического состава загрязнителей и биологических механизмов, ведущих к неблагоприятным последствиям для здоровья, требуются скоординированные исследования в области наук об атмосфере, эпидемиологии, токсикологии и исследования контролируемых воздействий на человека. В таких исследованиях должны лучше выполняться характеристика смесей загрязняющих веществ, оценка экспозиций и идентификация восприимчивых групп населения. Между многими регулируемыми загрязнителями воздуха часто имеется высокая корреляция, и есть большая неопределенность относительно последствий для здоровья от кратких и длительных экспозиций к нерегулируемым компонентам смесей, загрязняющих воздух, в том числе к некоторым фракциям и показателям РМ. Регулируемые в настоящее время загрязнители РМ, NO<sub>2</sub> и озон, а также такие важные показатели частиц, как черный углерод и крупные и ультрадисперсные частицы, часто оценивались независимо друг от друга; и это является серьезным пробелом. Кроме того, в результате анализа в рамках REVIHAAP дорожное движение было четко определено в качестве одного из основных источников загрязнения, влияющего на здоровье населения в Европе, однако по-прежнему остается неясным, будет ли снижение концентраций загрязнителей, регулируемых в настоящее время, напрямую вести к снижению воздействий на здоровье загрязнений воздуха, связанных с транспортом.

С учетом вышеизложенного загрязнение воздуха следует рассматривать как одну сложную смесь, и нужно определить условия, при которых эта смесь имеет наибольшее воздействие на здоровье людей. В дополнение к исследованиям отдельных компонентов или показателей (или даже вместо них), была предложена концепция *«единая атмосфера»* как новаторский способ изучения воздействий сложных смесей на здоровье. Эффективный способ исследования эффектов на здоровье в будущем будет обеспечиваться достижениями в атмосферном моделировании в сочетании с проверяющими исследованиями, использующими кампании нацеленного мониторинга, и в меньшей степени исследования будут

полагаться на увеличение количества компонентов, измеряемых обычными сетями мониторинга.

## Вопрос C10

**При рассмотрении среды внутри помещений, на рабочих местах и при поездках на транспорте какой вклад вносит экспозиция к загрязненному атмосферному воздуху по отношению к экспозиции ко всем загрязнителям воздуха, на которые распространяется действие законодательных норм?**

### *Ответ*

Табачный дым, в тех случаях когда курение разрешено в помещениях, является главным источником экспозиции отдельных лиц, по крайней мере, к  $PM_{2,5}$  (и таким показателям частиц, как черный углерод и ультрадисперсные частицы), монооксиду углерода, бензолу, бензо[*a*]пирену и нафталину, а также способствует экспозиции к  $NO_2$ . Экспозиции к табачному дыму и связанные с этим риски, впрочем, отражены в отдельных нормативах, а не в нормативах по атмосферному воздуху, и поэтому приведенные ниже ответы относятся к условиям без табачного дыма.

- В целом, все экспозиции к загрязненному воздуху внутри помещений, на рабочих местах, а также при поездках на транспорте варьируют между отдельными лицами гораздо больше, чем экспозиции к загрязненному атмосферному воздуху, и сильно зависят от конкретного окружения и поведения отдельных лиц.
- В частности, поездки на транспорте могут привести к увеличению экспозиции к  $PM$ ,  $NO_2$ , монооксиду углерода и бензолу, и такие поездки являются одним из основных источников экспозиции к ультрадисперсным частицам, черному углероду и некоторым металлам, наиболее существенно – к железу, никелю и меди в подземных системах метрополитена.
- Уровни экспозиций людей во время работы в промышленности могут быть на порядки выше, чем средние уровни экспозиции населения, но поскольку они затрагивают только особые и контролируемые подгруппы населения и находятся под контролем профессиональных нормативов (а не норм по загрязнению атмосферного воздуха), они не рассматриваются в этом разделе.
- Экспозиция населения к  $NO_2$  (там, где газовые приборы редки),  $PM_{2,5}$ , черному углероду, озону, монооксиду углерода и  $SO_2$  (с более ограниченными данными также по ингаляционной экспозиции к бензо[*a*]пирену, мышьяку, кадмию, никелю и свинцу) происходит в основном от атмосферного воздуха и источников вне помещений.
- Атмосферный воздух, источники внутри помещений и поездки на транспорте – все это важные источники экспозиций населения к  $NO_2$  и (там, где широко используются газовые приборы) к бензолу и нафталину.

- За высокие цифры отдельных экспозиций к  $PM_{10-2.5}$  и нафталину отвечают источники внутри помещений и поездки на транспорте.
- Основные источники, ответственные за высокие цифры экспозиций к  $PM_{2.5}$ , черному углероду, ультрадисперсным частицам, монооксиду углерода, бензолу и бензо[*a*]пирену, – это печи и камины на твердом топливе, используемые внутри помещений в неоптимальных условиях.

## D. Общие вопросы

### Вопрос D1

Какие появились новые данные эпидемиологических, токсикологических и других исследований, касающихся последствий загрязнения воздуха для здоровья людей, из-за которых может потребоваться пересмотреть политику ЕС по качеству воздуха и/или «Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха», в частности для  $PM$ , озона,  $NO_2$  и  $SO_2$ ?

#### *Ответ*

---

#### **Введение**

Со времени публикации глобальных обновленных «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года появился значительный объем новой научной информации для всех четырех загрязнителей, которые обсуждаются в этой части отчета:  $PM$ , озона,  $NO_2$  и  $SO_2$ . Во многих случаях новые данные указывают на ассоциацию с негативными показателями здоровья при более низких уровнях загрязнителей, чем уровни, приведенные в исследованиях, на которых было основано глобальное обновление «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» в 2005 году. Это особенно верно для  $PM$ , озона и  $NO_2$ . В свете этого, мы хотели бы рекомендовать, чтобы ВОЗ начала процесс подготовки пересмотра последних «Рекомендаций», с тем чтобы завершить этот пересмотр к 2015 году. Кроме того, мы бы хотели рекомендовать, чтобы ЕК приняла меры к тому, чтобы данные о воздействии загрязнителей воздуха на здоровье человека и возможные последствия этих данных для политики по качеству воздуха регулярно анализировались.

Ниже приводится краткое обобщение соображений по поводу четырех загрязнителей и необходимых рекомендаций в отношении них.

#### **1. $PM$**

- Необходимо пересмотреть действующие «Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха» для  $PM_{10}$  (20  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ , годовое среднее; 50  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ , 24-часовое среднее, 99-я перцентиль) и  $PM_{2.5}$  (10  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ , годовое среднее; 25  $\mu\text{г}/\text{м}^3$ , 24-часовое среднее, 99-я перцентиль).

Имеющееся научное знание, подкрепленное большим числом новых исследований, указывает на целый ряд неблагоприятных последствий для здоровья людей, связанных с экспозицией к  $PM_{2,5}$  (см. ответы на Вопрос А1) и к  $PM_{10}$  (см. ответы на Вопрос А4). Полученные данные убедительно свидетельствуют в пользу того, что эти эффекты РМ не имеют порогового значения в изученном диапазоне, встречающимся в атмосфере, что они следуют в основном линейной функции «концентрация-эффект» и наблюдаются, вероятно, при довольно низких уровнях, близких к фоновой концентрации  $PM_{2,5}$ . Таким образом, «Рекомендации ВОЗ по качеству воздуха» для  $PM_{2,5}$  и  $PM_{10}$  и соответствующие промежуточные целевые значения (все они установлены в глобальных обновленных «Рекомендациях ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года) теперь имеют еще более надежное научное обоснование, чем 7 лет назад. Но в установленных «Рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха» 2005 г. значениях нет запаса на безопасность. Данные значения отражали уровни, близкие к нижним пределам имевшихся на тот момент функций «концентрация-эффект», а в настоящее время имеется новая, ранее неизвестная, информация о более низких уровнях РМ.

- С той же точки зрения, настоятельно требуется пересмотреть и снизить по крайней мере предельное значение второго этапа для  $PM_{2,5}$ , равное  $20 \text{ мкг/м}^3$  (годовое среднее, должно быть достигнуто к 2020 г.) и установленное в разделе D Приложения XIV Директивы по качеству окружающего воздуха 2008/50/ЕС.

В настоящее время существует значительный зазор между «Рекомендациями ВОЗ по качеству воздуха» для  $PM_{2,5}$  ( $10 \text{ мкг/м}^3$ , годовое среднее), стандартом США для  $PM_{2,5}$ , установленным в 2012 году ( $12 \text{ мкг/м}^3$ , годовое среднее), предельным значением ЕС, которое должно быть достигнуто к 2015 году ( $25 \text{ мкг/м}^3$ , годовое среднее) и ориентировочным предельным значением второго этапа ЕС ( $20 \text{ мкг/м}^3$ ). Существует потребность в дополнительном предельном значении для кратковременной (24 часа) экспозиции к  $PM_{2,5}$  (как это было предложено в ответе на Вопрос А3) и в повторной оценке предельных значений для  $PM_{10}$ .

Научная поддержка подхода, который в виде метода управления качеством воздуха применяет снижение экспозиции к РМ, была усилена, и этот подход, включенный в Директиву 2008/50/ЕС (ЕС, 2008 г.), обеспечивает, в принципе, предпочтительный способ снижения последствий для здоровья от  $PM_{2,5}$ . Независимо от фактической концентрации или каких-либо конкретных предельных или целевых значений, достижение национальных целей по сокращению экспозиций, например представленных в разделе В Приложения XIV Директивы, приведет к выигрышам для здоровья населения.

- Было бы целесообразно разработать дополнительные рекомендации по качеству воздуха, чтобы отразить последствия связанных с транспортными средствами выбросов РМ, которые не достаточно хорошо отражены величинами  $PM_{2,5}$ , что можно было бы сделать, опираясь на работу по черному

углероду и/или элементному углероду (*Health effects of black carbon*; Janssen et al., 2012) и данным по другим загрязнителям в выхлопных газах транспорта.

- Помимо причины для обеспокоенности о здоровье населения и/или о качестве воздуха, черный углерод также является важным короткоживущим климатическим фактором, который вносит вклад в потепление атмосферы Земли. Сокращение выбросов черного углерода и снижение его концентрации будет полезным для здоровья населения и поможет ограничить краткосрочные изменения климата (для источников с высоким соотношением черный углерод/органический углерод).
- Несмотря на немалое число доказательств того, что ультрадисперсные частицы играют роль в эффектах РМ на здоровье, данные о зависимостях «концентрация-эффект» для этих частиц (измеряемые числом частиц) являются слишком скудными, для того чтобы оценить и разработать рекомендацию по качеству воздуха. Такая же оценка относится и к органическому углероду. Учитывая потенциальные последствия для здоровья, следует продолжить нынешние усилия по сокращению числа ультрадисперсных частиц в выхлопах двигателей, и следует оценивать эффективность этих усилий.
- Учитывая значительные негативные последствия для здоровья от кратковременных и долговременных экспозиций к РМ<sub>2,5</sub>, следует пересмотреть Директиву по национальным максимальным выбросам (National Emissions Ceiling Directive, буквальный перевод – Директива национального потолка выбросов), с тем чтобы включить максимум (потолок) для РМ<sub>2,5</sub>. Это исключительно важно – уменьшить выбросы от транспортных средств и от сжигания жидкого и твердого топлива, в том числе от внедорожной мобильной техники и сжигания биомассы в процессе достижения максимума (потолка), установленного в пересмотренной Директиве по национальным максимальным выбросам, а также в процессе достижения предельных значений для РМ, установленных в Директиве по качеству окружающего воздуха.
- Другой подходящей целью является сокращение невыхлопных выбросов от дорожного движения, с учетом того что при снижении выхлопных выбросов от автотранспорта относительный вклад невыхлопных выбросов растет.

## 2. Озон

- Что касается озона, наиболее важные вопросы в отношении норм и установок – это недавно появившиеся данные о последствиях длительных (месяцы – годы) экспозиций и о наличии (или отсутствии) и уровне концентрации порогового значения, ниже которого последствия для населения маловероятны. Концентрации длительных экспозиций к озону определяются выбросами предшественников загрязнителей в данном полушарии или глобально во всем мире. Если пороговой концентрации, ниже которой эффект отсутствует, не

существует или если она очень низка, и если принять предположение, что функция «доза-эффект» с самого начала линейная, общие годовые последствия для здоровья будут пропорциональны среднегодовой концентрации озона и будут намного больше, чем если бы это было по-другому, с похожими последствиями для норм и установок по мерам контроля в пределах как региона, так и глобально Северного полушария.

- В свете ответов на Вопросы В1-В4 следует рассмотреть рекомендации для долговременной усредненной концентрации озона.
- Если проанализировать, в какой мере действующие, предусмотренные в ЕС или в рамках Гётеборгского протокола КТЗВБР (который охватывает более широкий географический район) меры достаточны для того, чтобы снизить долговременные средние концентрации озона, то это поможет выбрать надлежащий план, как задействовать другие крупные источники выбросов в Северном полушарии. Это необходимо для того, чтобы рассмотреть возможные действия по снижению долговременных концентраций озона. Для ведения обсуждения, возможно, потребуется привлечь Оперативную группу по транспортному загрязнению воздуха в Северном полушарии КТЗВБР (под совместным председательством ЕС и США). Сокращение выбросов метана в пределах и за пределами ЕС положительно сказалось бы на снижении долговременных средних концентраций озона.
- В ответе на Вопрос В2 был сделан вывод о том, что свидетельства порогового значения для кратковременных экспозиций не согласуются между собой, но там, где порог наблюдается, он, по всей вероятности, составляет менее  $90 \text{ мкг/м}^3$  (максимальная концентрация, усредненная за 1 час). При выполнении оценки воздействия на здоровье кратковременных экспозиций рекомендуется использовать SOMO35 и SOMO10. В ответе на Вопрос В2 оценку воздействия на здоровье длительных экспозиций рекомендуется применять в качестве сценария чувствительности.
- С учетом новых данных, упомянутых в ответах на вопросы В, и в ожидании результатов оценки воздействия на здоровье, ЕК могла бы в будущем рассмотреть целевое значение для длительной экспозиции, возможно, в виде летнего (с апреля по сентябрь включительно) среднего значения, для которого данные значительно надежнее, чем для годового среднего.

### 3. $\text{NO}_2$

- Со времени выпуска в 2005 году глобального обновления «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» появились новые эпидемиологические исследования, сообщающие об ассоциации как с краткими, так и с длительными экспозициями к  $\text{NO}_2$ . Некоторые из этих исследований, особенно по кратковременным

экспозициям, сообщают об ассоциациях, которые устойчивы к включению других загрязнителей.

- Многие из этих исследований были проведены в тех районах, где концентрации были на уровне или ниже действующих в ЕС предельных значений.
- Результаты этих новых исследований поддерживают обновление действующих «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» для NO<sub>2</sub>, чтобы предоставить: (а) рекомендацию, основанную на эпидемиологических данных по кратковременным экспозициям; и (б) рекомендацию по усредненному за год значению на основе данных, недавно собранных в исследованиях на открытом воздухе. В обоих случаях это может привести к снижению рекомендуемых значений.
- Поскольку имеются согласующиеся эпидемиологические данные по кратковременным экспозициям и некоторая механистическая поддержка причинной роли, есть основания заключить, что NO<sub>2</sub> имеет некоторые прямые последствия. Как и в случае с последствиями кратковременных экспозиций, NO<sub>2</sub> может служить представителем других составляющих в эпидемиологических исследованиях долгосрочных экспозиций. Несмотря на это, данные по механизмам, особенно по респираторным эффектам, и строгость доказательств ассоциаций кратковременных экспозиций наталкивает на мысль о причинной связи.
- Не имеется повода, *основанного на показателях здоровья*, для повышения или отмены предельных значений NO<sub>2</sub> в Директиве ЕС. В зависимости от результатов любого пересмотра «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» для NO<sub>2</sub>, это может явиться поводом для ЕС рассмотреть вопрос о пересмотре предельных значений Директивы.
- Имеющиеся данные не предоставляют оснований для изменения времени усреднения для кратковременного предельного значения ЕС, которое в настоящее время составляет 1 час.

#### 4. SO<sub>2</sub>

- Требуется заново рассмотреть доказательную базу для установления «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» для очень кратких и кратких экспозиций к SO<sub>2</sub>.
- Со времени глобального обновления «Рекомендаций ВОЗ по качеству воздуха» 2005 года были опубликованы некоторые новые исследования по токсикологии и последствиям для здоровья SO<sub>2</sub>. Повторный анализ более ранней литературы по исследованиям в камерах указывает на необходимость рассмотреть вопрос о том, следует ли повысить фактор безопасности для рекомендации для 10 минут. В отношении рекомендации для значения, усредненного за 24 часа, результаты

новых исследований схожи с предыдущими. Новые исследования были выполнены с диапазоном, близким к диапазону концентраций предыдущих исследований, поэтому рекомендацию для среднего значения за 24 часа менять не требуется, если тот же метод (использование концентрации у нижней границы диапазона) будет использован для установления рекомендованного значения (ответ на Вопрос С7). Однако следует еще раз рассмотреть данные.

## Вопрос D2

**Имеются ли результаты непосредственной оценки положительного эффекта для здоровья от уменьшения загрязнения воздуха?**

### *Ответ*

---

Существует достаточно хорошо согласующиеся данные ранних и более поздних исследований, которые свидетельствуют о том, что снижение уровней загрязнения воздуха, в результате вмешательства или незапланированного уменьшения загрязнения, связано с улучшением здоровья. Оцененное уменьшение загрязнения было не обязательно связано с законодательством, оно могло быть результатом забастовок, объединения Германий и т. д.. Кроме того, имеются существенные и согласующиеся данные по всему миру, что запрещение курения на рабочих или в общественных местах привело к сокращению случаев сердечно-сосудистых заболеваний у населения тех регионов, где был введен этот запрет.

Эти выводы согласуются с большим количеством исключительно убедительных данных, полученных в исследованиях как длительных, так и кратких экспозиций к загрязнению воздуха. Научные исследования исходят из естественных вариаций экспозиций и предоставляют оценки последствий для определения количественных показателей улучшения здоровья, которые можно было бы ожидать от сокращения воздействия длительных или кратких экспозиций к загрязнению воздуха в данной популяции.

## Вопрос D4

**Цель 6-й Программы действий в области охраны окружающей среды заключается в «достижении такого уровня качества воздуха, который не будет вызывать значительных негативных последствий и рисков для здоровья человека и окружающей среды» (Статья 7 (1) Решения № 1600/2002/ЕС). Предоставляют ли функции «концентрация-эффект» доказательства пороговых значений для  $PM_{2,5}$ , озона и  $NO_2$ ?**

### *Ответ*

---

Проведенные исследования не предоставили доказательств пороговой величины на основании функций «концентрация-эффект» для кратких и длительных экспозиций к  $PM_{2,5}$  и показателей здоровья при уровнях, характерных для атмосферного воздуха. И даже напротив, для длительных экспозиций имеются некие свидетельства более быстрого роста кривой при более низких концентрациях, чем при более высоких концентрациях. Предлагается применять усовершенствованные методологии, чтобы лучше учитывать неопределенность, присущую проектам эпидемиологических исследований, особенно в изучении последствий длительных экспозиций или экспозиций, находящихся вне диапазона, наблюдаемого в когортных исследованиях. Подобным образом, отсутствуют доказательства пороговых значений для  $NO_2$  и озона, хотя доказательная база для оценки наличия порогового значения и формы кривой «концентрация-эффект» слабее, чем для  $PM_{2,5}$ .

## **Список приглашенных экспертов, участвующих в проекте REVIHAAP**

### **Научно-консультативный комитет**

---

Данный комитет осуществляет надзор за осуществлением проекта по рассмотрению данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье (REVIHAAP) и обеспечивает наивысшее возможное качество и актуальность результатов проекта. Следующие эксперты являются членами комитета:

- Hugh Ross Anderson, Соединенное Королевство
- Bert Brunekreef, Нидерланды
- Aaron Cohen, США
- Klea Katsouyanni, Греция
- Daniel Krewski, Канада
- Wolfgang G. Kreyling, Германия
- Nino Künzli, Швейцария
- Xavier Querol, Испания

### **Авторы – эксперты**

---

Эксперты, перечисленные ниже, участвуют в рассмотрении данных о воздействии загрязнения воздуха на здоровье, для того чтобы подготовить оценку данных и изложить ответы на ключевые вопросы о взвешенных частицах, приземном озоне и других загрязнителях воздуха и их смесях и на общие вопросы в рамках проекта REVIHAAP:

- Richard Atkinson, Соединенное Королевство
- Lars Barregård, Швеция
- Tom Bellander, Швеция
- Rick Burnett, Канада
- Flemming Cassee, Нидерланды
- Eduardo de Oliveira Fernandes, Португалия
- Francesco Forastiere, Италия
- Bertil Forsberg, Швеция
- Susann Henschel, Ирландия
- Gerard Hoek, Нидерланды
- Stephen T Holgate, Соединенное Королевство
- Nicole Janssen, Нидерланды
- Matti Jantunen, Финляндия
- Frank Kelly, Соединенное Королевство
- Timo Lanki, Финляндия
- Inga Mills, Соединенное Королевство
- Ian Mudway, Соединенное Королевство

- Mark Nieuwenhuijsen, Испания
- Bart Ostro, США
- Annette Peters, Германия
- David Phillips, Соединенное Королевство
- C. Arden Pope III, США
- Regula Rapp, Швейцария
- Gerd Sällsten, Швеция
- Evi Samoli, Греция
- Peter Straehl, Швейцария
- Annemoon van Erp, США
- Heather Walton, Соединенное Королевство
- Martin Williams, Соединенное Королевство

### **Внешние рецензенты**

---

Следующие эксперты представили свои замечания в отношении научного содержания и ясности документа по различным разделам подготовленного материала:

- Joseph Antó, Испания
- Alena Bartonova, Норвегия
- Vanessa Beaulac, Канада
- Michael Brauer, Канада
- Hyunok Choi, США
- Bruce Fowler, США
- Sandro Fuzzi, Италия
- Krystal Godri, Канада
- Patrick Goodman, Ирландия
- Dan Greenbaum, США
- Jonathan Grigg, Соединенное Королевство
- Otto Hänninen, Финляндия
- Roy Harrison, Соединенное Королевство
- Peter Hoet, Бельгия
- Barbara Hoffmann, Германия
- Phil Hopke, США
- Fintan Hurley, Соединенное Королевство
- Barry Jessiman, Канада
- Haidong Kan, Китай
- Michal Krzyzanowski, Германия
- Thomas Kuhlbusch, Германия
- Morton Lippmann, США
- Robert Maynard, Соединенное Королевство
- Sylvia Medina, Франция
- Lidia Morawska, Австралия

- Antonio Mutti, Италия
- Tim Nawrot, Бельгия
- Juha Pekkanen, Финляндия
- Mary Ross, США
- Jürgen Schneider, Австрия
- Joel Schwartz, США
- Frances Silverman, Канада
- Jordi Sunyer, Испания

### **Наблюдатели на совещаниях группы экспертов ВОЗ**

---

Эти лица приняли участие по крайней мере в одном из совещаний, организованных в рамках проекта REVIHAAP, в качестве наблюдателей:

- Markus Amann, IASA
- Arlean Rhode, CONCAWE
- Wolfgang Schoerp, IASA
- André Zuber, Европейская комиссия

### **Секретариат ВОЗ**

---

Европейский центр ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья, Бонн (Европейское региональное бюро ВОЗ) координировал работу и подготовку этой публикации:

- Svetlana Cincurak
- Kelvin Fong
- Marie-Eve Héroux (лидер проекта с сентября 2012 г.)
- Michal Krzyzanowski (лидер проекта по август 2012 г.)
- Elizabet Paunovic
- Helena Shkarubo

### **Перевод на русский язык и рецензирование**

---

- Olga Slobodskaya, Россия
- Olena Turos, Украина
- Jonathan Dubnov, Европейское региональное бюро ВОЗ, Европейский центр ВОЗ по окружающей среде и охране здоровья, Бонн, Германия